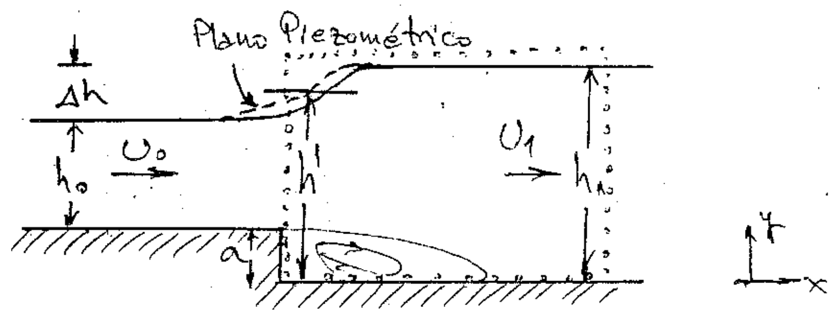
CI 41A - HIDRÁULICA
Prof. ALDO TAMBURRINO TAVANTZIS

ALGUNAS SINGULARIDADES EN CANALES

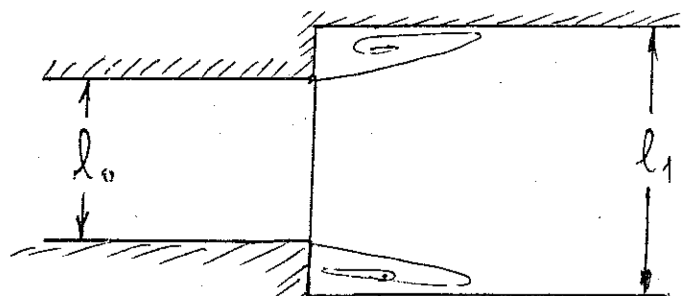
Referencia: *Hidráulica*, F.J. Domínguez, Capítulo VII

ENSANCHES BRUSCOS

CORTE



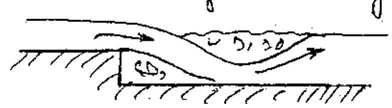
PLANTA



$$h' = h_1 - \varepsilon \Delta h$$

Experimentalmente se ha comprobado que:

$\varepsilon = 1$: - Si hay río antecediendo y siguiendo a la grada
- Si hay crisis aguas arriba de la grada y río aguas abajo
- Si hay torrente aguas arriba de la grada y la napa es sumergida



$\varepsilon = 0{,}25$: - Si hay torrente aguas arriba de la grada y la napa es superficial

Aplicando el Teorema de Cantidad de Movimiento al volumen de control definido por la línea de puntos (lecho horizontal, fricción despreciable, etc.)

$$\Sigma F_{ext_x} = \frac{\gamma}{g} Q \,\Delta V$$

$$\Sigma F_{ext_x} = F_{p_1} - F_{p_2} \quad , \quad F_{p_1} = p' (h_0 + a) l_1 = \frac{1}{2} \gamma h' (h_0 + a) l_1$$

$$F_{p_2} = \frac{1}{2} \gamma h_1^2 l_1$$

$$\frac{1}{2}\gamma h'(h_0+a)\, l_1 - \frac{1}{2}\gamma h_1^2 l_1 = \frac{\gamma}{g} Q \left(\frac{Q}{l_1 h_1} - \frac{Q}{l_0 h_0} \right)$$

$$h'(h_0+a) - h_1^2 = \frac{2}{g} \cdot \frac{Q^2}{l_1^2} \left(\frac{1}{h_1} - \frac{l_1}{l_0} \frac{1}{h_0} \right)$$

$$\frac{h'}{h_1} \frac{(h_0+a)}{h_1} - 1 = 2 \frac{q^2}{g h_1^2} \left(\frac{1}{h_1} - \frac{l_1}{l_0} \frac{1}{h_0} \right)$$

$$\frac{h'}{h_1} \frac{(h_0+a)}{h_1} - 1 = 2 \frac{q^2}{g h_1^3} \left(1 - \frac{l_1}{l_0} \frac{h_1}{h_0} \right)$$

Llamando: $X' = \frac{h'}{h_{c_1}} \quad X_1 = \frac{h_1}{h_{c_1}} \quad X_0 = \frac{h_0}{h_{c_1}} \quad K = \frac{a}{h_{c_1}} \quad M = \frac{l_1}{l_0}$

$$\frac{X'}{X_1} \frac{(X_0 + K)}{X_1} - 1 = 2 \frac{1}{X_1^3} \left(1 - M \frac{X_1}{X_0} \right)$$

$$X' X_0 + X' K - X_1^2 = 2 \left(\frac{1}{X_1} - \frac{M}{X_0} \right)$$

$$\frac{M}{X_0} + \frac{1}{2}(X_0 X' + K X') = \frac{1}{X_1} + \frac{X_1^2}{2}$$

Si $\varepsilon = 1$, $h' = h_0 + a$ $\therefore$ $X' = X_0 + K$

$$\frac{M}{X_0} + \frac{X'^2}{2} = \frac{1}{X_1} + \frac{X_1^2}{2}$$

Si $\varepsilon = 0.25$, $X' = \frac{1}{4}(K + 3X_1 + X_0)$

Consideremos el caso especial $l_1 = l_0 \Rightarrow m = 1$. En este caso se cumple:

$$\frac{1}{X_0} + \frac{1}{2} X'(X_0 + K) = \frac{1}{X_1} + \frac{X_1^2}{2}$$

Determinemos el valor límite de a para que no haya influencias de aguas abajo sobre la grada. En esta situación, se tiene crisis sobre la grada ($X_0 = h_0/h_{c1} = 1$) y $\varepsilon = 1$ ($X' = (X_0 + K)$), luego

$$1 + \frac{1}{2}(1 + K)^2 = \frac{1}{X_1} + \frac{X_1^2}{2}$$

$$\therefore K_{lím} = \sqrt{X_1^2 + \frac{2}{X_1} - 2} - 1$$

Esta expresión ya la habíamos encontrado al analizar los vertederos de pared gruesa influidos por aguas abajo.

Volvamos ahora a la ecuación válida para expansión brusca con variación de ancho y fondo.

$$\frac{m}{X_0} + \frac{X'}{2}(X_0 + K) = \frac{1}{X_1} + \frac{X_1^2}{2}$$

La altura de la grada sobre la cual se tiene un río ($\varepsilon = 1$) de altura adimensional X_o para una razón de anchos m está dado por:

$$K = \sqrt{X_1^2 + \frac{2}{X_1} - \frac{2m}{X_o}} - X_o$$

El límite del escurrimiento de río se verifica cuando sobre la grada la altura del río se convierte en la altura crítica (correspondiente al ancho l_o): $h_o = h_{co}$

$$\therefore X_o = \frac{h_{co}}{h_{c1}} = \left(\frac{q_o}{q_1}\right)^{2/3} = \left(\frac{Q/l_o}{Q/l_1}\right)^{2/3} = \left(\frac{l_1}{l_o}\right)^{2/3} = m^{2/3}$$

Luego, la altura de la grada para la cual se produce crisis está dado por:

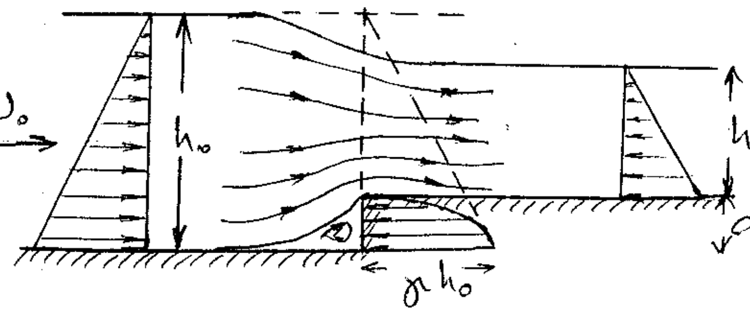
$$K = \sqrt{X_1^2 + \frac{2}{X_1} - 2m^{1/3}} - m^{2/3}$$

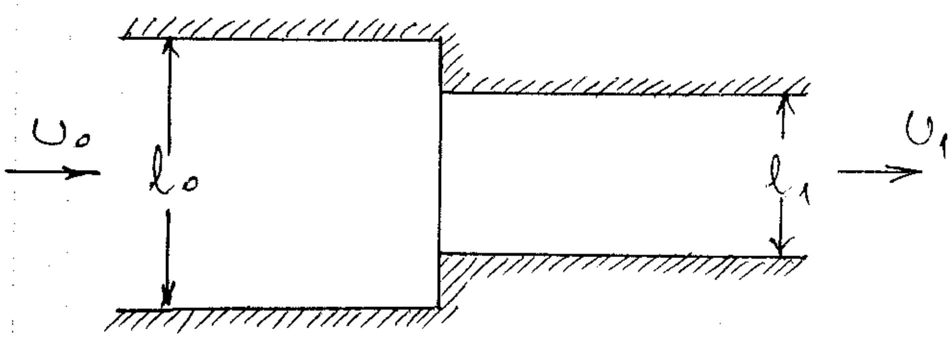
Para el caso de ensanche brusco por cambio de ancho solamente rigen las ecuaciones anteriores con $K = 0$:

$$\frac{m}{X_o} + \frac{1}{2} X_o X' = \frac{1}{X_1} + \frac{X_1^2}{2}$$

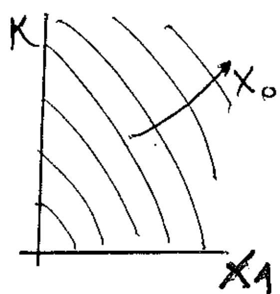
ANGOSTAMIENTOS BRUSCOS

Los angostamientos bruscos pueden producirse por una grada de subida, por una contracción lateral del canal, o por ambos simultáneamente.



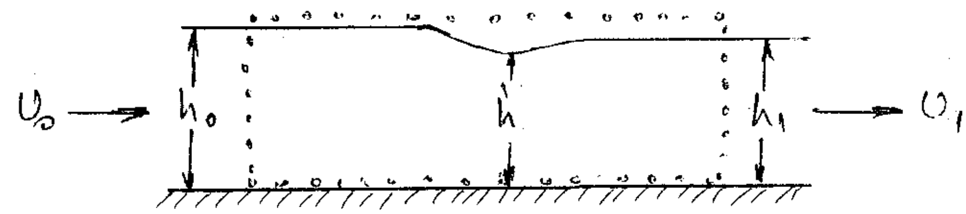


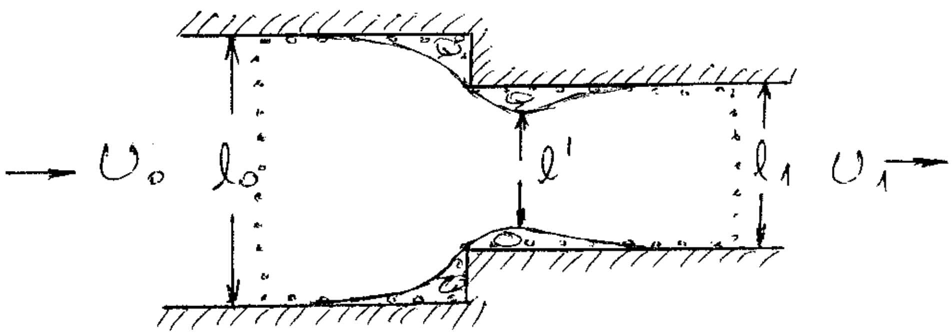
En este caso no es posible aplicar el Teorema de la Cantidad de Movimiento ya que no es posible determinar analíticamente la fuerza de presión sobre la grada. Debido a la curvatura de las líneas de corriente, no se tiene distribución hidrostática en la pared vertical de la grada. El problema necesariamente debe resolverse experimentalmente, lo que fue hecho por Don Pancho y sus memoristas. Los resultados de sus investigaciones se presentan en relaciones gráficas del tipo:



para distintos $n = \frac{l_0}{l_1}$

El caso de una contracción lateral brusca, sin subida de fondo (k=0) es el único caso de angostamiento brusco que es abordable a través del Teorema de Cantidad de Movimiento:





Sobre las caras laterales verticales de la contracción puede aceptarse distribución hidrostática de presiones. Considerando que sobre los paramentos verticales de la contracción se tiene la altura h_0, al aplicar el Teorema de la Cantidad de Movimiento resulta (sobre el volumen de control definido por la línea de puntos):

$$F_{p_0} - F_{p'} - F_{p_1} = \frac{\gamma}{g} Q \Delta V$$

$$F_{p_0} = \frac{1}{2}\gamma\ {}^2 l_0 , \quad F_{p1} = \frac{1}{2}\gamma h_0^2 (l_0 - l_1), \quad F_{p_1} = \frac{1}{2}\gamma h_1^2 l_1$$

$$\Delta V = U_1 - U_0 = \frac{Q}{l_1 h_1} - \frac{Q}{l_0 h_0}$$

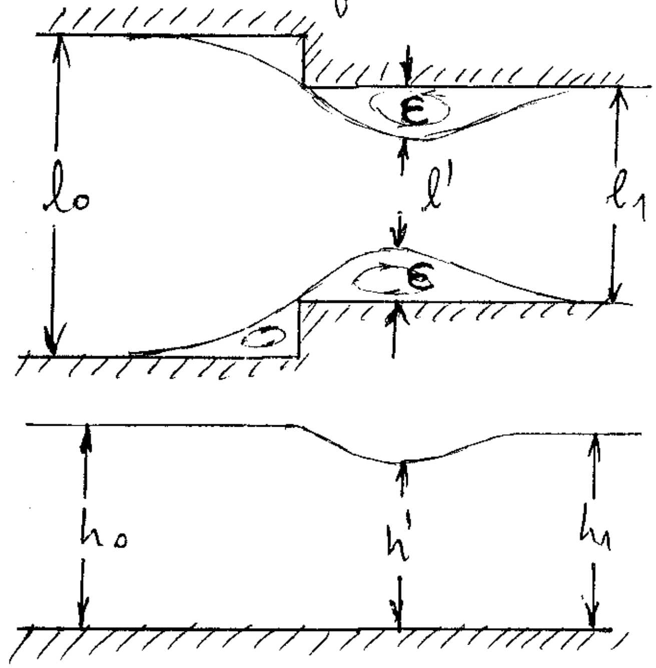
Definiendo $X_0 = \frac{h_0}{h_{c1}}$, $X_1 = \frac{h_1}{h_{c1}}$, $n = \frac{l_0}{l_1} > 1$

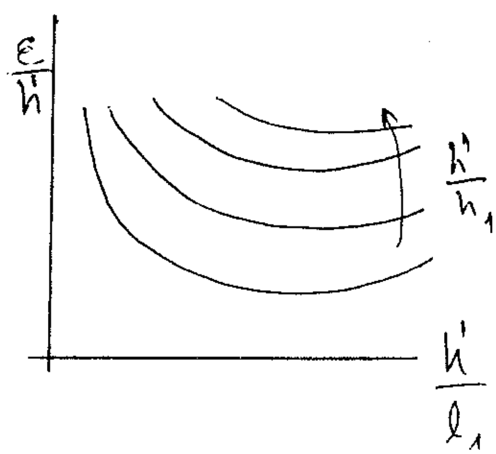
con $h_{c1}^3 = \frac{Q^2}{g\, l_1^2}$

podemos escribir $\frac{1}{n X_0} + \frac{1}{2} X_0^2 = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{2} X_1^2$

Esta ecuación ha sido verificada experimentalmente para régimen de río.

La contracción del flujo puede determinarse a partir de las experiencias de Lesbros y Escande, quienes dan la relación gráfica:





Esta relación gráfica contiene dos incógnitas: ε y h'. Obtenemos la segunda ecuación a partir de la ecuación de ensanche brusco sin variación de la cota de fondo: $\frac{n}{X_0} + \frac{1}{2} X_0^2 = \frac{1}{X_1} + \frac{X_1^2}{2}$

con $n = \frac{l_1}{l'}$ y $X_0 = \frac{h'}{h_{c1}}$. De este modo, tenemos dos ecuaciones y dos incógnitas.